

AN: PAT 1987-115360  
TI: Wear sensor system e.g. for refinery evaluates continuity status of loop periodically and indicates structural integrity using closed circuit  
PN: US4655077-A  
PD: 07.04.1987  
AB: Conductive loops of a sensor probes are embedded at spaced locations through the component. As erosion, corrosion or wear of the component is sustained, each conductive loop is subjected to such wear condition in turn and is interrupted only as the component is worn away at its particular location. The continuity status of each loop is evaluated periodically, with an electrical closed circuit condition indicating structural integrity at that particular loop location, and an electrical open circuit condition indicating such a wear condition.; Projects system failure as function of time.  
PA: (PURV/) PURVIS H A;  
IN: STRICKER R F;  
FA: US4655077-A 07.04.1987; **DE3636321**-A 28.04.1988;  
CO: DE; US;  
IC: F17D-005/00; G01B-007/14; G01N-003/56; G01N-017/00;  
MC: S03-F07; W05-D03B;  
DC: Q69; S03; W05;  
PR: DE0636321 30.01.1985; US0739899 31.05.1985;  
FP: 07.04.1987  
UP: 28.04.1988

---

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3636321 A1

21 Aktenzeichen: P 36 36 321.9  
22 Anmeldetag: 24. 10. 86  
43 Offenlegungstag: 28. 4. 88

7B  
51 Int. Cl. 4:  
G01B 7/14  
G 01 N 3/56  
G 01 N 17/00  
F 17 D 5/00  
// F15B 20/00,  
B65G 53/66,  
B65D 90/48,  
B65G 11/16

Behördenstempel

DE 3636321 A1

71 Anmelder:

Purvis, Howard A., Houston, Tex., US

74 Vertreter:

Kirschner, K., Dipl.-Phys.; Grosse, W., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:

Purvis, Howard A.; Stricker, Robert F., Houston,  
Tex., US

54 Verfahren und Vorrichtung zur Feststellung des Verschleißzustandes eines Bauteils

Bei der Verschleißfühlvorrichtung zur Feststellung des Verschleißes eines Bauteils sind elektrisch leitende Schleifen in Abständen in dem Bauteil eingebettet. Mit dem Verschleiß des Bauteils wird jede Schleife unterbrochen, wenn das Bauteil an der vorgegebenen Stelle abgetragen wird, wo die Schleife liegt. Der Leitungszustand jeder Schleife wird periodisch ausgewertet, wobei der elektrisch geschlossene Zustand der Schleife die strukturelle Unversehrtheit des Bauteils an der Stelle der Schleife und der elektrisch offene Zustand der Schleife den Verschleiß an der Stelle der Schleife anzeigt.

DE 3636321 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Feststellung des Verschleißzustandes eines Bauteils, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Leitungszustand einer leitenden Schleife ausgewertet wird, wobei der elektrisch geschlossene Zustand der leitenden Schleife der Unversehrtheit des Bauteils und der elektrisch offene Zustand der leitenden Schleife, der durch eine Unterbrechung der leitenden Schleife durch Verschleiß entsteht, dem Verschleißzustand des Bauteils entspricht.
2. Verschleißfühlvorrichtung zur Feststellung des Verschleißzustandes eines Bauteils nach dem Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßfühler eine elektrisch leitende Schleife aufweist, die in dem Bauteil eingebettet ist, wobei der elektrisch geschlossene oder offene Zustand der leitenden Schleife jeweils mit der Unversehrtheit oder dem Verschleiß des Bauteils an einer Stelle, an der die Schleife eingebettet ist, entspricht.
3. Vorrichtung zur Feststellung des Verschleißzustandes eines Bauteils nach dem Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** durch einen Verschleißmeßfühler mit mindestens einer leitenden Schleife, die in dem Bauteil eingebettet ist, und an dem Verschleißmeßfühler angeschlossene Einrichtungen, um den Leitungszustand der leitenden Schleife festzustellen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die leitende Schleife eine Signalleitung, eine Rückführungsleitung und einen leitenden Verschleißteil aufweist, das mit der Signalleitung und der Rückführungsleitung in Reihe geschaltet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das leitende Verschleißteil eine Perle aus leitendem Material aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verschleißmeßfühler eine Mehrzahl von leitenden Schleifen enthält, die in dem Bauteil unter Abstand zueinander eingebettet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede leitende Schleife einen leitenden Verschleißabschnitt aufweist, wobei die leitenden Verschleißabschnitte parallel zueinander angeordnet sind und im wesentlichen die gleiche Länge haben.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede leitende Schleife einen leitenden Verschleißabschnitt aufweist, wobei die leitenden Verschleißabschnitte über die Dicke des Bauteils verteilt sind und die Längen der nebeneinander liegenden Verschleißabschnitte ungleich sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schleife ein elektrisch leitendes im Bauteil eingebettetes Thermoelement ist, wobei der elektrisch geschlossene Zustand oder der elektrisch offene Zustand des Thermoelements der Unversehrtheit oder dem Verschleiß des Bauteils an der Stelle entspricht, an der sich das Thermoelement im Bauteil befindet.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **gekennzeichnet** durch einen A/D-Umsetzer, um die Signale logisch 1 und logisch 0 entsprechend dem geschlossenen Zustand bzw. dem offenen Zustand der leitenden Schleifen zu erzeugen, und durch eine Recheneinheit, die am Ausgang des A/D-Umsetzers angeschlossen ist, um ein Meßfüh-

lerzustandssignal zu erzeugen, das den Meßfühler eindeutig kennzeichnet und den Leitungszustand der leitenden Schleife oder der leitenden Schleifen angibt.

11. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10 in einem Durchflußsteuerventil, bestehend aus einem Druckgehäuse mit einem Durchflußbereich, durch den Strömungsmittel mit hoher Temperatur strömen, und einem hitzebeständigen Futterteil, das am Gehäuse befestigt ist, um eine Erosion an der inneren Oberfläche des Gehäuses zu verhindern, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verschleißmeßfühler eine leitende Schleife enthält, die in dem Futterteil zur Feststellung der Erosion des Futterteils eingebettet ist, und daß die Einrichtungen an die leitende Schleife angeschlossen sind, um deren Leitungszustand mit externen Auswertungsvorrichtungen während des Einsatzes des Durchflußsteuerventils festzustellen.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Feststellung des Verschleißzustandes, insbesondere zur Feststellung des Erosions- und Korrosionszustandes eines Bauteils.

Verarbeitungsstufen in Raffinerien oder anderen Herstellungsanlagen verwenden oft erosive Flüssigkeitsströme. Z. B. sind in einem flüssigen katalytischen Krackverfahren die Ventile den erosiven Kräften von Hochtemperaturgasen und/oder darin mitgeführten Körpern ausgesetzt. Der Aufprall von in der Flüssigkeit mitgeführten Partikeln, die mit hoher Geschwindigkeit strömen, bewirkt ein Erodieren der Ventilbestandteile, die in den Flüssigkeitsstrom hineinragen. Tatsächlich sind viele innere Komponenten der Einwirkung von Erosion, Korrosion und Verschleiß unterworfen.

Die üblicherweise bei Hochtemperaturgas verwendeten Ventile sind Absperrschieber und Kegelveile. Diese Ventile bestehen aus einem oder mehreren Schiebern oder Kegeln, die im allgemeinen rechtwinklig oder parallel zur Strömung in einer Ebene arbeiten, wobei sie den gewünschten Durchfluß steuern. Diese Ventile haben auch einen Mündungsbereich, der stromaufwärts oder stromabwärts des Schiebers oder Kegels liegen kann, was von der einzusetzenden Bauart abhängt. Die Kanten des Mündungsbereichs sind ebenso wie die Ränder der Schieber oder Kegel schwerer Erosion unterworfen. Um eine Beschädigung an teuren Ventiltteilen und Strömungsleitungen zu vermeiden, schützt ein hitzebeständiges Futter die inneren Ventiloberflächen, die der Erosion, der Korrosion und dem Verschleiß ausgesetzt sind.

Solche Ventile und Strömungsleitungen für Strömungsmittel hoher Temperatur müssen von Zeit zu Zeit überprüft und repariert werden, um ein Versagen aufgrund von Erosion und Verschleiß an Bauteilen zu vermeiden. Dann ist es notwendig, den Produktionsbetrieb abzuschalten, während kritische Teile wie das Ventil und sein hitzebeständiges Futter überprüft und repariert oder ersetzt werden. Aufgrund der weitreichenden Auswirkungen eines Versagens der Bauteile müssen solche Instandsetzungsarbeiten relativ häufig durchgeführt werden, was einen erheblichen Verlust an Produktionszeit bewirkt. In der Vergangenheit basierte die Häufigkeit solcher Überholungsarbeiten auf Betriebserfahrung und die Festsetzung des Abschaltens hing vor allem von der Abschätzung durch das Personal ab.

Es ist selbstverständlich wünschenswert, den Produktionsbetrieb so lange wie möglich zwischen den Instandsetzungsabschaltungen laufen zu lassen. Um kostengünstig zu sein, müssen die Abschaltungen in einem Abstand geplant werden, der so nahe wie möglich am Optimum liegt (längste Produktionszeit bei geringsten Kosten). Der optimale Abschaltzeitpunkt ist gegenwärtig nicht mit Sicherheit voraussagbar, so daß die Abschaltung von solchen Anlagen zur Überprüfung und Reparatur regelmäßig auf der sicheren Seite der vorgegebenen optimalen Häufigkeit liegt, um einen katastrophalen Schaden zu vermeiden. Da ein Abschalten einer Raffinerie sehr teuer sein kann, ist es wünschenswert, die verfügbare Einschaltzeit von Ventilen, Strömungsleitungen oder dergleichen zu maximieren.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Feststellung des Verschleißzustandes, insbesondere des Erosions- und Korrosionszustandes eines Bauteils anzugeben, wodurch Information über den Verschleißzustand während des Einsatzes des Bauteils erhalten werden können, so daß die Produktionslaufzeit zwischen zwei Abschaltzeiten ohne das Risiko der Beschädigung teurer Bauteile auf ein Maximum ausgedehnt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient das im Anspruch 1 angegebene Verfahren bzw. die in Anspruch 2 bzw. 3 angegebenen Vorrichtungen.

Da der Verschleißzustand des Bauteils während des Betriebs der angeschlossenen Anlage überwacht wird, muß die Anlage erst dann zur Reparatur abgeschaltet werden, wenn der Verschleiß an einem Bauteil so weit fortgeschritten ist, daß eine Reparatur bzw. ein Auswechseln des Bauteils erforderlich ist. Die während des Betriebs der Anlage erhaltenen Informationen über den Verschleißzustand der Bauteile ermöglicht es dem Bedienungspersonal außerdem, auf ein beginnendes Versagen eines Bauteils zu reagieren, welches sonst ein außerplanmäßiges Abschalten der Anlage erforderlich machen würde. Bei Verwendung der Verschleißfühlvorrichtung in einem Ventil der obenbeschriebenen Art weist der Verschleißfühler eine oder mehrere leitende Schleifen auf, die in dem Futter des Ventils eingelagert sind. Jede leitende Schleife hat ein leitendes Verschleißteil, das an einer besonderen Stelle innerhalb des Bauteils, insbesondere des Futters, eingelagert ist. Bevorzugt sind mehrfache leitende Schleifen, die jeweils leitende Verschleißteile haben und in Abständen im Körper des Futters eingelagert sind. Die Unversehrtheit des Futters bzw. sein Verschleißzustand wird durch den elektrisch offenen oder den elektrisch geschlossenen Zustand der leitenden Schleife angezeigt. Beim Verschleiß des Futters wird jede leitende Schleife der Reihe nach an dem Verschleißteil verschliffen und dadurch unterbrochen, wenn das Futter an der jeweiligen Stelle abgetragen ist. Der Leitungszustand jeder Schleife wird periodisch ausgewertet, wobei der geschlossene Zustand die Unversehrtheit des Futters an dieser Stelle und der offene Zustand der Schleife die Erosion des Futters an dieser Stelle anzeigt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Leitungszustand jedes Verschleißfühlers in digitale Informationen logisch 1 und logisch 0 umgesetzt, welche mittels einer zentralen Recheneinheit periodisch ausgewertet werden, um eine visuelle oder akustische Anzeige bei einem vorbestimmten Verschleißzustand zu erzeugen. Ferner kann die zentrale Recheneinheit in vorteilhafter Weise die Verschleißdaten sammeln und unter der Steuerung einer Steuereinrichtung eine Vorhersage

über das voraussichtliche Versagen eines Bauteils oder eines Systems als Funktion der Zeit machen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung sind nicht auf die oben erwähnten Beispiele beschränkt. Das Verfahren und die Vorrichtungen können auch bei anderen Konstruktionen und Materialien verwendet werden, die einem Verschleiß ausgesetzt sind, beispielsweise bei Druckbehältern, in denen Ätzflüssigkeiten enthalten sind, bei Leitungen, Behältern, Zyklonen, Deflektoren, Rinnen, Düsen. Die Bauteile, die einem Verschleiß ausgesetzt sein können, können hitzebeständige, keramische, plastische, gummiartige oder andere Materialien sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene, perspektivische Ansicht eines Einfachscheibenventils, das das Verschleißmeßfühlersystem der vorliegenden Erfindung enthält;

Fig. 2 einen vereinfachten Ablaufplan des Verschleißmeßfühlersystems, wie es in einem Ventiltutterteil eingebaut ist;

Fig. 3 ein vereinfachtes Schaltbild eines Verschleißmeßfühlers mit mehreren leitenden Schleifen;

Fig. 4 ein vereinfachtes Schaltbild einer anderen Ausgestaltung der Verschleißmeßfühleranordnung mit mehreren leitenden Schleifen;

Fig. 5 ein vereinfachtes Schaltbild der Verschleißmeßfühleranordnung und es stellt eine alternative Anordnung von mehreren leitenden Schleifen dar;

Fig. 6 ein vereinfachtes Schaltbild eines alternativen Verschleißmeßfühlers, bei dem mehrere Widerstände parallel verbunden sind;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Verschleißmeßfühlers mit einer einzelnen leitenden Schleife; und

Fig. 8 einen Funktionsablaufplan eines Meßwertverarbeitungssystems mit einer erfindungsgemäßen Verschleißmeßfühlvorrichtung.

Der Ausdruck "Verschleiß" bedeutet in diesem Zusammenhang die Neigung eines Materials zum Erodieren, Abtragen oder sonstigem Abnutzen als Auswirkung von Flüssigkeitsströmen, einschließlich der Abnutzung durch feste im Flüssigkeitsstrom befindliche Partikel, genauso wie die Auswirkung von Korrosion, Aufprall und anderen Arten des Verschleißes. Außerdem bezieht sich der Ausdruck "Unversehrtheit", wie er bezüglich des Futterteils oder dergleichen verwendet wird, auf strukturelle Vollständigkeit und das Fehlen von physikalischer Zersetzung innerhalb eines bestimmten Bereichs des Teils.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, besitzt ein Hochtemperaturventil 10, das in erosiver/korrosiver Strömungsumgebung hoher Temperatur verwendet wird, verschiedene Teile, die besonders vor schneller Zersetzung ungeschützt sind. Diese Teile enthalten beispielsweise und nicht einschränkend eine Scheibe 12 mit einer zentralen Bohrung, die einen Durchfluß 14 bildet, durch den Hochtemperaturgase mit darin enthaltenen festen Bestandteilen geleitet werden. Der Ventilkörper oder das Gehäuse 18 besteht aus hochfestem Stahl oder ähnlichem Material. Abhängig von den Temperaturen der Strömung im Ventil 10 ist die innere Oberfläche des Ventilgehäuses 18 mit einem zusammengesetzten Futterteil 20 aus wärmebeständigem, hitzebeständigem Material wie Keramik oder dergleichen geschützt. Die

hitzebeständige Auskleidung ist an den Enden der Scheibe 12 angebracht, die ebenso wie an den Endoberflächen des Schiebers 16, einen Kanal im Durchfluß 14 bildet, um die Erosion der darunterliegenden Ventileile zu verhindern.

Die schwerwiegendste Erosion des Futterteils findet in den Eckenbereichen 22 und entlang der Futterfläche 24, die den Kanalrand bildet, statt. Es ist daher wichtig, den Zustand des Futterteils in diesem Bereich und von anderen Teilen zu erkennen, die schwerer Erosion ausgesetzt sind. Früher war es notwendig, den Produktionsprozeß zur Überprüfung von Futterteilen abzuschalten. Jedoch kann unter Anwendung der vorliegenden Erfindung der Verschleißzustand jeder Strömungsleitung oder jedes Ventileils, wie des hitzebeständigen Futterteils 20, ständig beobachtet werden, ohne den fortlaufenden Produktionsprozeß anzuhalten oder zu unterbrechen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die augenblicklichen Verschleißzustandsdaten durch eine Verschleißmeßfühleranordnung 26 geliefert, die mehrere leitende Schleifen 28, 30, 32, 34 und 36 enthalten. Jede leitende Schleife enthält ein leitendes Verschleißteil 28A, 30A, 32A, 34A und 36A, wie in Fig. 2 symbolisch dargestellt ist.

Jede leitende Schleife und ihr leitendes Verschleißteil sind an vorbestimmten Stellen im Futterteil 20 eingebettet. Die leitenden Schleifen im Eckenbereich 22 haben einen Abstand "d". Wenn Erosion auf das Futterteil 20 einwirkt, erodieren die leitenden Schleifen 28, 30, 32, 34 und 36, jede zu einer bestimmten Zeit, wobei die leitenden Verschleißschleifenteile 28A, 30A, 32A, 34A und 36A nur dann unterbrochen werden, wenn die Futterteilstruktur an der betreffenden Stelle abgetragen wird.

Bei dem Meßverfahren wird der Leitungszustand jeder Schleife periodisch ausgewertet, wobei der elektrisch geschlossene Zustand der Schleife die strukturelle Unversehrtheit des Futterteils an der betreffenden Stelle des betreffenden Verschleißschleifenteils und der elektrisch offene Zustand der Schleife eine Futtererosion oder Beschädigung an der besonderen Fühlerstelle anzeigt. Der Leitungszustand jeder Schleife in dem Fühler 26 wird in digitale Dateninformationen entsprechend 1 oder 0 umgewandelt, die periodisch von einer zentralen Recheneinheit 38 abgefragt werden, um einen Verschleißzustandsanzeiger 40 zu steuern, der eine visuelle oder akustische Echtzeitanzeige des von dem Fühler 26 erfaßten Verschleißzustandes liefert und der auf Wunsch eine gedruckte Zusammenstellung der Fühlerzustände liefert. Zusätzlich ist die Recheneinheit 38 derart programmiert, daß sie Meßdaten analysiert und unter der Leitung eines Controllers Teil- und Systemversagen als eine Funktion der Zeit zeigt.

In Fig. 7 ist eine leitende Schleife 27 des Meßfühlers verallgemeinert dargestellt. Diese Anordnung ist typisch für jede der leitenden Schleifen. Die leitende Schleife 27 enthält ein leitendes Verschleißteil 27A, eine Signalleitung 27B und eine Rückführungsleitung 27C.

Das leitende Verschleißteil 27A ist in Fig. 7 in der Gestalt einer Kugel oder Perle dargestellt. Jedoch kann das leitende Verschleißteil 27A einen integrierten Teil der durchgehenden Länge des Drahtes darstellen, welcher die leitende Schleife bildet. Auf der anderen Seite sind für gewisse Anwendungsgebiete die Endbereiche 27B, 27C der leitenden Schleife mit einer Perle aus leitendem, brechbarem Material verbunden, welches bestimmene Erosionscharakteristika aufweist. Ein Beispiel eines bevorzugten Perlenmaterials ist eine Wolf-

ram-Legierung, die relativ brechbar im Verhältnis zu Keramikmaterial ist, in das es eingebettet ist, und schneller als das hitzebeständige Material erodiert und das somit eine zuverlässige Bruchanzeige liefert, wenn das umgebende hitzebeständige Material an der Stelle abgetragen wird, an der die Perle liegt.

Alternativ kann die Perle 27A (oder in dieser Beziehung die Punkte 28A, 30A, 32A, 34A, 36A) eine Thermoelementverbindung sein, die dadurch gebildet wird, daß der positive Fuß 26B mit dem negativen Fuß 26C der Thermoelementverbindung verbunden wird. Im letzteren Fall kann der Verschleißmeßfühler auch dazu verwendet werden, die Temperatur an der inneren Wandoberfläche zu messen, und die Unversehrtheit des Futtermaterials kann durch das Vorhandensein oder Fehlen eines Temperatursignals von dem Thermoelement angezeigt werden.

Abänderungen in der Größe und Anordnung der leitenden Schleifen sind in Fig. 3, 4 und 5 dargestellt. Jedoch weisen die Schleifen jeder Ausführungsform wenigstens eine Signalleitung 27B und eine Rückführungsleitung 27C auf. In der Anordnung gemäß Fig. 3, 4 und 6 beinhaltet jede Schleife ein leitendes Verschleißteil, das zu der Signalleitung und der Rückführungsleitung strukturelle Unterschiede aufweisen kann oder nicht. So kann die leitende Schleife eine durchgehende Länge aus leitendem Metall, z. B. Kupferdraht, sein, bei dem die leitenden Verschleißteile 28A, 30A, 32A, 34A und 36A von der Signalleitung und Rückführungsleitungen nicht unterscheidbar, jedoch körperlich abgebogen sind, um parallele Abschnitte zu bilden, wie in Fig. 3 und 4 dargestellt ist.

In der Anordnung von Fig. 3 werden die aus parallelen Leiterabschnitten bestehenden Verschleißteile 28A, 30A, 32A, 34A und 36A in dieser Reihenfolge kleiner und haben den gleichen Abstand "d". Eine andere Ausführungsform ist in Fig. 4 dargestellt, in welcher die aus parallelen Leiterabschnitten bestehenden Verschleißteile 28A, 30A, 32A, 34A und 36A gleich lang sind und parallel zueinander angeordnet sind und ebenfalls den Abstand "d" haben.

In der Anordnung gemäß Fig. 5 ist das leitende Verschleißteil jeder Schleife durch einen Punkt oder eine Perle dargestellt. In dieser Anordnung sind die Signalleitungen und Rückführungsleitungen jeder Schleife in einem Winkel miteinander verbunden, wobei der Punkt oder die Perle die Spitze des Winkels der zwei Leitungen bildet. Die Signalleitung und die Rückführungsleitung können auch Teile einer durchgehenden Länge eines Leiters sein, wobei der Punkt die Ecke oder Spitze darstellt, die durch die Krümmung der leitenden Schleife gebildet ist. Alternativ sind die Signalleitungen und die Rückführungsleitungen an den Spitzen durch Perlen aus leitendem Material miteinander verbunden, die bezüglich des Teils, in welchen sie eingebettet sind, relativ zerbrechbar sind.

Während gleiche Abstände zwischen den jeweiligen leitenden Verschleißteilen in jedem Meßfühler bevorzugt sind, können Anordnungen mit nicht gleichen Abständen für einige Anwendungen vorteilhaft verwendet werden.

In jeder der obigen Meßvorrichtungen ist es wesentlich, daß in jeder Schleife eine Signalleitung und wenigstens eine Rückführungsleitung vorgesehen sind. Gemäß der Anordnung in Fig. 5 sind die Rückführungsleitungen miteinander verbunden und zu einer gemeinsamen Rückführungsleitung zusammengefaßt, welche an einem gemeinsamen Bezugspotential (Erde) liegt. Ob-

wohl die leitenden Verschleißteile als gerade Abschnitte in Fig. 3 und 4 dargestellt sind, können die Abschnitte auch gebogen oder anders gestaltet oder ausgebildet sein, um sich der Geometrie des Bereichs der Strömungsoberfläche des Bauteils anzupassen, welches der Korrosion oder Erosion ausgesetzt ist.

Der offene oder geschlossene Zustand der leitenden Schleifen innerhalb der Meßfühleranordnung 26 bildet die Basis zur Erzeugung eines digitalen Meßsignals als logisch 1 oder 0, was dem offenen oder geschlossenen Zustand einer jeweiligen Schleife entspricht. Anfänglich befindet sich jede Schleife im geschlossenen Zustand, d. h., daß die leitende Schleife intakt ist und ein Signal weitergeben kann. Wenn die leitende Schleife aufgrund von Erosion unterbrochen wird, geht die Schleife in den offenen Zustand über, d. h., daß die Schleife kein Signal mehr weitergeben kann. Diese beiden möglichen Zustände der Schleifen werden durch einen A/D-Umsetzer 42 in die Signale 1 oder 0 umgesetzt.

Die Signalleitungen und Rückführungsleitungen werden in einem Bündel 44 durch das Einsatzteil und durch das Ventilgehäuse 18 zum A/D-Umsetzer 42 geleitet. Geeignete Abdichtungsvorrichtungen (nicht dargestellt) sind vorgesehen, um das Ventilgehäuse 18 abzudichten. Die verschiedenen Signalleitungen 28B, 20B, 32B, 34B und 36B bilden die Eingänge für die Digitalerschaltung 42. Der Ausgang des A/D-Umsetzers 42 ist über Ausgangsleitungen 28D, 30D, 32D, 34D und 36D mit einem I/O-Dateneingang 46 verbunden.

Beispielsweise kann als A/D-Umsetzer zur Erzeugung der Digitalwerte 1 und 0 eine Inverterschaltung 48 mit einem Feldeffekttransistor Q 50 und zwei Strombegrenzungswiderständen R 52 und R 54 verwendet werden. In dem obigen Beispiel (Fig. 2) bildet die Signalleitung 28B der Schleife 28 einen Eingang zur Gateelektrode des Feldeffekttransistors Q 50. Die Basis- und die Sourceelektroden von Q 50 werden an eine Stromquelle V über die Strombegrenzungswiderstände R 52 bzw. R 54 geführt, und die Sourceelektrode von Q 50 liegt an Erde.

Im geschlossenen Zustand der Schleife 28 ist die Gateelektrode von Q 50 mit Erde verbunden, wodurch der Feldeffekttransistor Q 50 im ausgeschalteten Zustand gehalten wird. Im ausgeschalteten Zustand von Q 50 wird die Drainelektrode auf ein Potential +V, welches als 1 definiert ist, angehoben. Ein 1-Signal (+V) wird von der Ausgangsleitung 28D an Nr. 1 des I/O-Dateneingangs 46 solange gehalten, wie sich die Schleife 28 im geschlossenen Zustand befindet. Wenn die Schleife 28 unterbrochen (geöffnet) wird, wird der Erdschluß der Gateelektrode von Q 50 unterbrochen und das Potential, das an der Gateelektrode des Feldeffekttransistors Q 50 anliegt, wird auf +V-Volt angehoben, so daß der Feldeffekttransistor Q 50 eingeschaltet wird, wobei der Ausgangsleiter 28D durch die Sourceelektrode an Erde kurzgeschlossen wird, was als 0-Zustand definiert ist. Der 0-Zustand (d. h. Erdpotential) wird an Nr. 1 des I/O-Dateneingangs 46 so lange aufrechterhalten, wie die Schleife 28 unterbrochen ist. Eine separate Inverterschaltung 48 ist für jede separate Signalleitung 28B, 30B, 32B, 34B und 36B vorgesehen.

Eine alternative Verschleißfühlerschleife 29 ist in Fig. 6 dargestellt. Gemäß dieser alternativen Ausführungsform sind die leitenden Verschleißschleifenteile als Widerstände R 56, R 58, R 60, R 62 und R 64 ausgebildet. Diese Widerstände sind parallel geschaltet und haben jeweils einen Abstand "d" voneinander. Die Leitungen 66 und 68 verbinden die parallelen Widerstände mit

einer Brückenschaltung 70. Die Brückenschaltung 70 liefert ein Ausgangssignal 72, das proportional zu dem Gesamtwiderstand der parallel geschalteten Widerstände ist. Das Ausgangssignal 72 steigt zunehmend vom Anfangswiderstand  $Z_0$  bis unendlich an, wenn die Widerstände R 56, R 58, R 60, R 62 und R 64 einer nach dem anderen durch Erosion abgetragen werden.

Das Ausgangssignal 72 gelangt zu einem A/D-Umsetzer 74, der ein digitales Datenwort bildet, das der Größe des Ausgangssignals 72 entspricht. Es wird also ein Digitaldatenwort je nach der Anzahl der Widerstände R 56, R 58, R 60, R 62 und R 64 gebildet, welche zur Zeit der Messung intakt und funktionsfähig sind. Der Ausgang des A/D-Umsetzers 74 wird durch die Recheneinheit 38 gemäß einem vorbestimmten Muster abgetastet und erzeugt ein digitales Datenwort, das den Gesamtwiderstand des Meßfühlers 29 darstellt. Jedes digitale Datenwort ist genau definiert und gibt die genaue Anzahl von intakten, funktionsfähigen Widerständen an, die im Meßfühler noch vorhanden sind. Diese Information wird dem Verschleißwiderstandsanzeiger bereitgestellt, welcher einen Alarm auslöst oder auf Wunsch eine gedruckte Zusammenstellung der Meßfühlerzustände gibt.

Eine alternative Aussage der obigen Beziehung besteht darin, daß der Leitwert der gesamten Meßfühleranordnung 29 von einem Anfangswert  $G_0$  auf Null zunehmend verkleinert wird, während die Widerstände R 56, R 58, R 60, R 62 und R 64 als Ergebnis der Auswirkung von Erosion einer nach dem anderen abgetragen werden.

Die Recheneinheit 38 setzt die an den Eingängen 1–5 des I/O-Dateneingangs 46 ankommenden Signale gemäß einer vorbestimmten Tabelle um und erzeugt ein digitales Datenwort, das dem Leitungszustand jeder Schleife in der jeweiligen Meßfühleranordnung entspricht. Diese Daten werden auf den Verschleißzustandsanzeiger 40 gegeben, der unter der Steuerung einer Steuereinrichtung einen visuellen oder akustischen Alarm auslöst oder nach Wunsch eine gedruckte Aufstellung der Meßfühlerzustände liefert, wie in Fig. 8 gezeigt ist.

Numm  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

36 36 321  
G 01 B 7/14  
24. Oktober 1986  
28. April 1988

3636321

FIG. 1

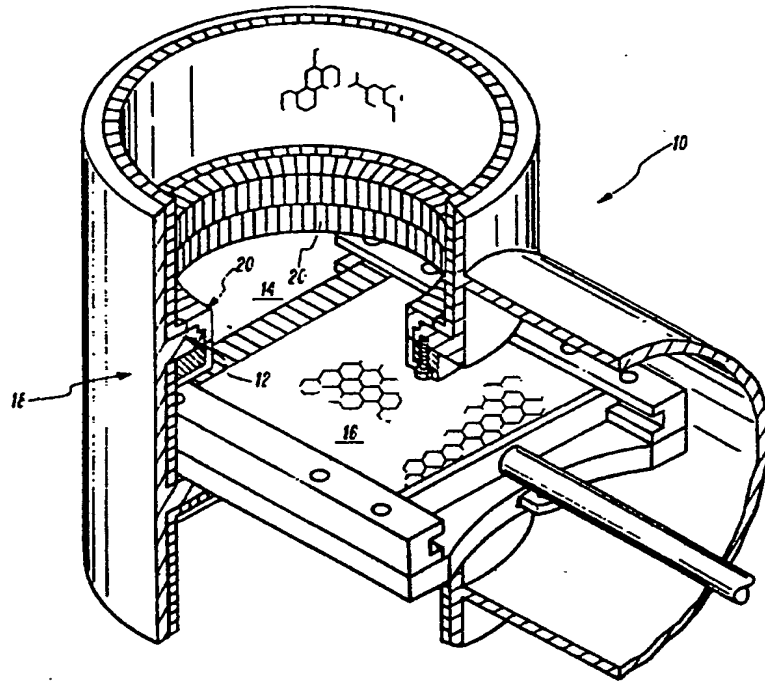
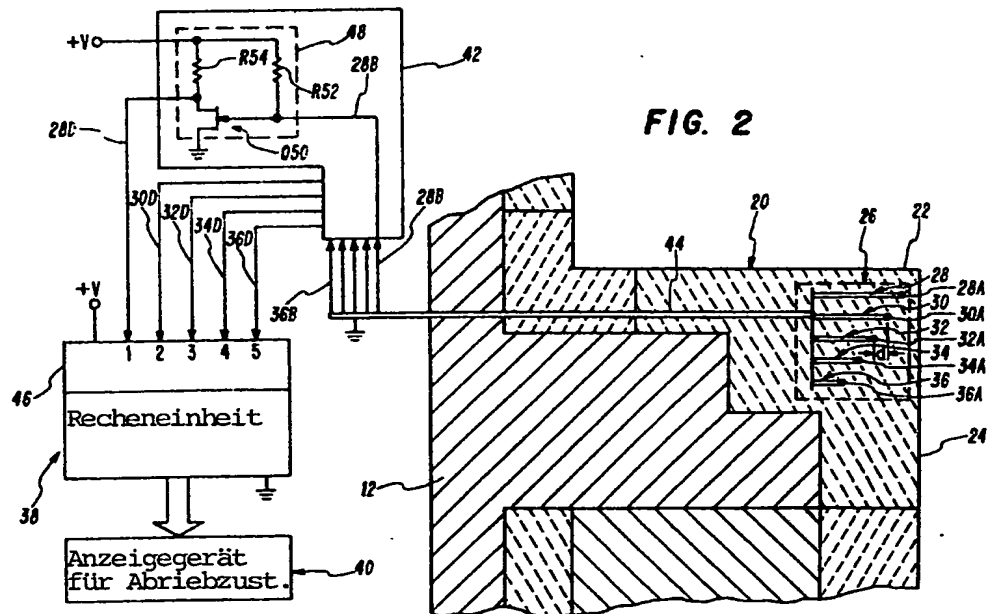


FIG. 2



808 817/362

BEST AVAILABLE COPY

3636321

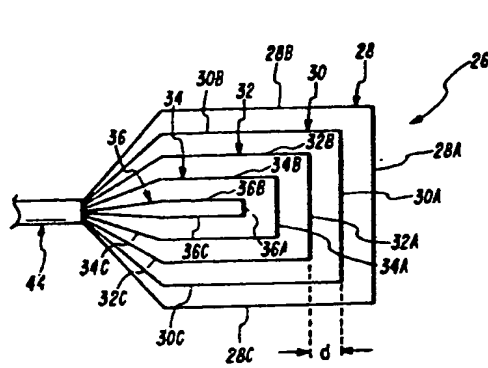


FIG. 3

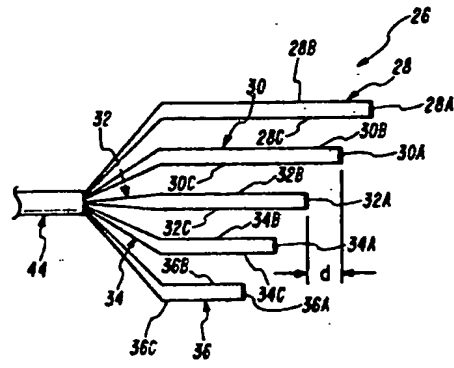


FIG. 4

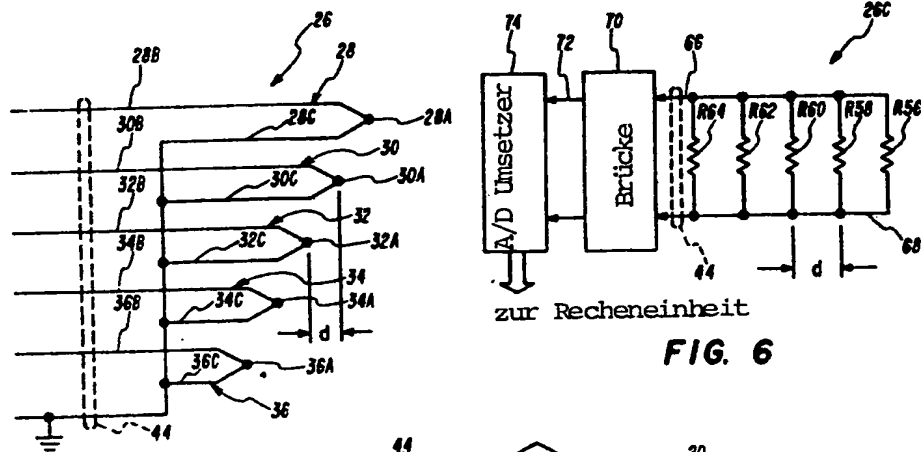


FIG. 5

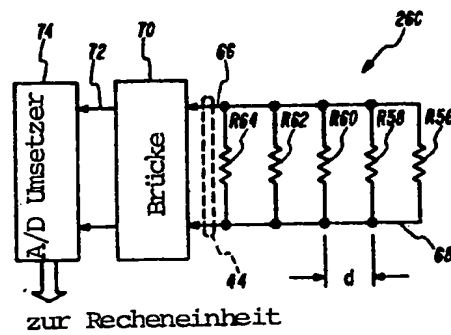


FIG. 6

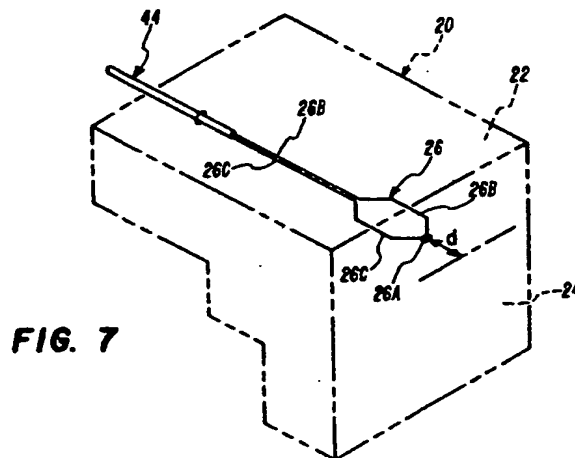


FIG. 7



3636321

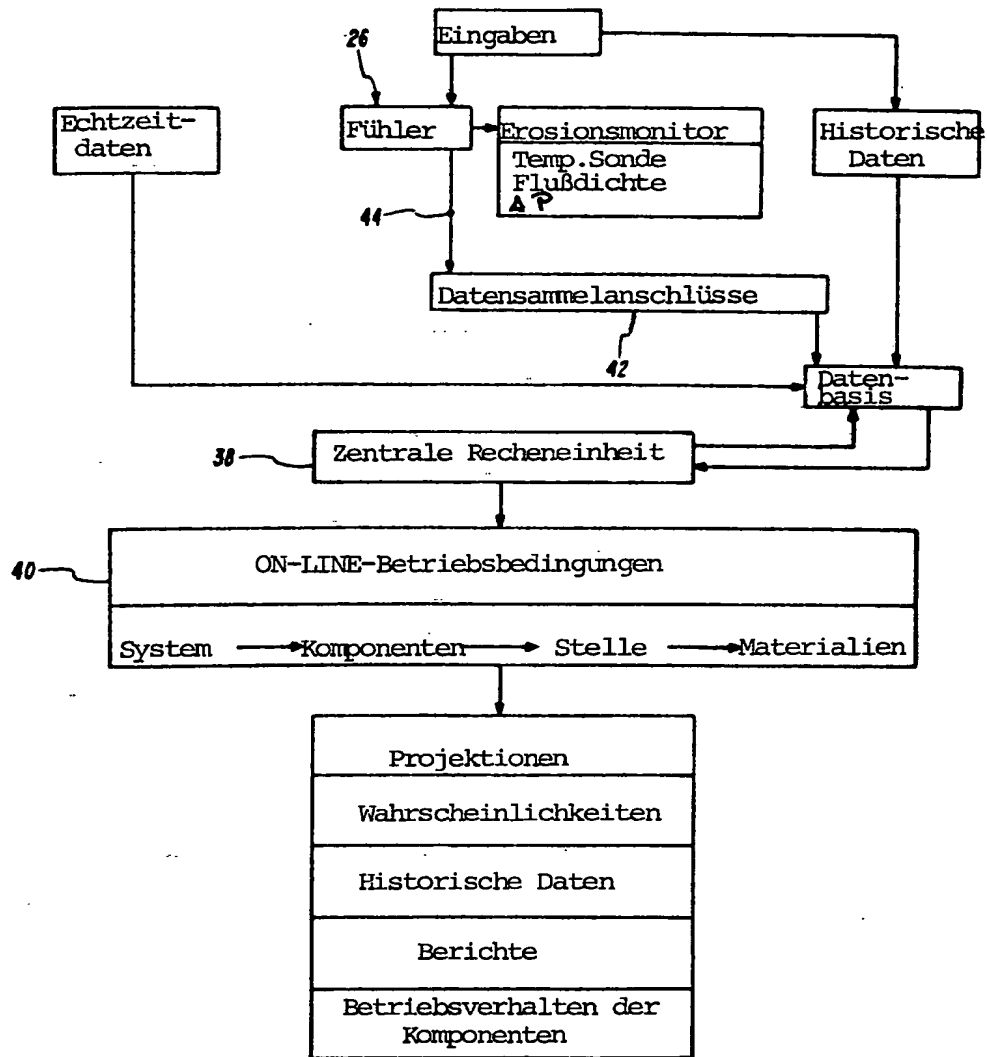


FIG. 8